

Викладені основні положення, які повинні бути покладені в основу створення автоматизованої системи прогнозування споживання електроенергії (АСПСЕ). Визначена мета та призначення АСПСЕ, вимоги до системи прогнозування, структура, функції та методи прогнозування, етапи створення АСПСЕ

УДК 621.313: 621.331

В.І. Омеляненко, д.т.н.,

Г.В. Омеляненко, к.т.н.

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Ю.П. Чудний, к.т.н.

Белгородський державний технологічний  
університет ім. В.Г. Шухова

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ

**Вступ.** Залізниці України, маючи ліцензії на передачу електроенергії локальними (місцевими) мережами та постачання електричної енергії за регульованим тарифом, активно проводять роботу з організації закупівлі електроенергії. При цьому економія коштів на закупівлю за підсумками 2007 року склала 1,77 % від загальних витрат, що еквівалентно 46,8 млн. кВт·год в рік. Потенційна ж економія коштів від закупівлі всього обсягу необхідної електроенергії для потреб Укрзалізниці складає 5-6 %, або 100-120 млн. грн. у рік. Важливе значення для організації закупівлі електроенергії має точність прогнозування її споживання за годину, добу, декаду, місяць, так як заявка на місячний обсяг закупівлі складається до 20 числа місяця, що передує місяцю закупівлі. Від точності прогнозування залежить величина місячного платежу, а також точність розрахунку погодинних оптових тарифів. Тому актуальною проблемою економії коштів за спожиту електроенергію для залізниць є створення автоматизованої системи прогнозування споживання електроенергії (АСПСЕ). У статті викладені основні положення, які повинні бути покладені в основу створення такої системи.

**Мета і призначення АСПСЕ.** Метою створення АСПСЕ є підвищення повноти, достовірності і оперативності інформації про обсяги електроенергії, її потужності, що одержується та споживається залізницями, а також зниження витрат на закупівлю електроенергії за рахунок поетапного переходу до енергооптимального процесу перевезень на залізницях України.

АСПСЕ призначена для прогнозування погодинного, добового та місячного обсягу споживання електроенергії на потреби залізниць. Вона призвана забезпечити прогнозування, складання та подачу місячних заявок на обсяги закупівлі електроенергії від Постачальника та за прямими договорами з виробниками електроенергії у перспективі (в форматі погодинного споживання).

Система повинна забезпечити створення бази даних для прогнозування погодинного, добового та місячного обсягу споживання електроенергії на потреби залізниць з урахуванням баз даних систем АСКОВ та АСК ВП УЗ, до яких входять: ретроспектива показань лічильників по видам спожитої енергії (тяга, нетягові споживачі, власні потреби); об'єм вантажних і пасажирських перевезень у т.км. брутто та пас.км; плани навантаження і розвантаження; питома електроспоживання на тягу поїздів; сезонність, погода, температура, вологість.

**Вимоги до АСПСЕ.** Під АСПСЕ розуміється сукупність узгоджених між собою компонентів програмного, інформаційного і технічного забезпечень, що виготовляється і поставляється з необхідною експлуатаційною документацією, як продукція виробничо-технічного призначення.

Програмне забезпечення повинне являти собою сукупність програм на носіях даних і програмних документів, призначених для налаштування, функціонування і перевірки працездатності АСПСЕ.

Інформаційне забезпечення повинне являти собою сукупність форм документів, класифікаторів, нормативної бази, а також рішень, що реалізовані і форм існування інформації, вживаної в АСПСЕ, при її функціонуванні. Воно повинно бути узгодженим із структурами даних автоматизованих систем вантажних та пасажирських перевезень Укрзалізниці АСК ВП УЗ, та структурами баз даних АСКОЕ залізниць. Бази даних АСПСЕ доцільно будувати у форматі діючих баз даних АСУ залізничного транспорту, а необхідні для їх отримання й обробки інформаційні процедури повинні утворювати окремий канал для аналізу і прогнозування електроспоживання на різних рівнях.

Технічне забезпечення АСПСЕ повинне являти собою сукупність всіх технічних засобів, що використовуються при функціонуванні АСУ залізничного транспорту.

При створенні АСПСЕ треба керуватися принципами: системності, розвитку (відкритості), сумісності, стандартизації (уніфікації) та ефективності.

Принцип системності полягає в тому, що при декомпозиції повинні бути встановлені такі зв'язки між структурними елементами АСПСЕ, які забезпечують цілісність АСПСЕ і її взаємодію з іншими автоматизованими системами.

Принцип розвитку (відкритості) АСПСЕ полягає в тому, що, виходячи з перспектив розвитку об'єкту автоматизації, АСПСЕ повинна створюватися з урахуванням можливості поповнення і оновлення функцій і складу АСПСЕ без порушення її функціонування. Розвиток АСПСЕ повинен здійснюватися з урахуванням вимог базового варіанту. При необхідності змінити які-небудь вимоги базового варіанту, Розробник повинен представити Замовнику техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) ухвалених рішень.

Принцип сумісності полягає в тому, що при створенні АСПСЕ повинні бути реалізований інформаційні інтерфейси, завдяки яким вона може взаємодіяти з іншими автоматизованими системами відповідно до встановлених правил. Головною вимогою щодо сумісності АСУ є можливість взаємодії програмного забезпечення АСПСЕ з АСУ залізничного транспорту України. Побудова програмного забезпечення АСПСЕ може бути виконана на уніфікованих програмних компонентах системи АСК ВП УЗ, що забезпечить повну сумісність АСПСЕ.

Принцип стандартизації (уніфікації) полягає в тому, що при створенні АСПСЕ повинні бути раціонально застосовані типові уніфіковані і стандартизовані елементи, проектні рішення, ліцензійні пакети програм.

Принцип ефективності полягає в досягненні раціонального співвідношення між витратами на створення АСПСЕ і цільовими ефектами, включаючи кінцеві результати, що одержані в результаті автоматизації.

В АСПСЕ повинні бути передбачені заходи захисту від неправильних дій персоналу, від випадкових змін і руйнування інформації та програм, а також від несанкціонованого втручання.

Для АСПСЕ повинні бути встановлені наступні періоди інтеграції (інтервали часу, в які прогнозуються значення енергії і потужності): 30 хвилин, година, доба, місяць.

Система повинна забезпечувати цілодобовий режим роботи з урахуванням проведення технічного обслуговування.

**Структура і функції АСПСЕ.** Об'єктом автоматизації є суб'єкт рівня "Залізниця", а також тягові (ТП) і трансформаторні (ТрП) підстанції усіх дистанцій електропостачання залізниці. Структура АСПСЕ наведена на рисунку.

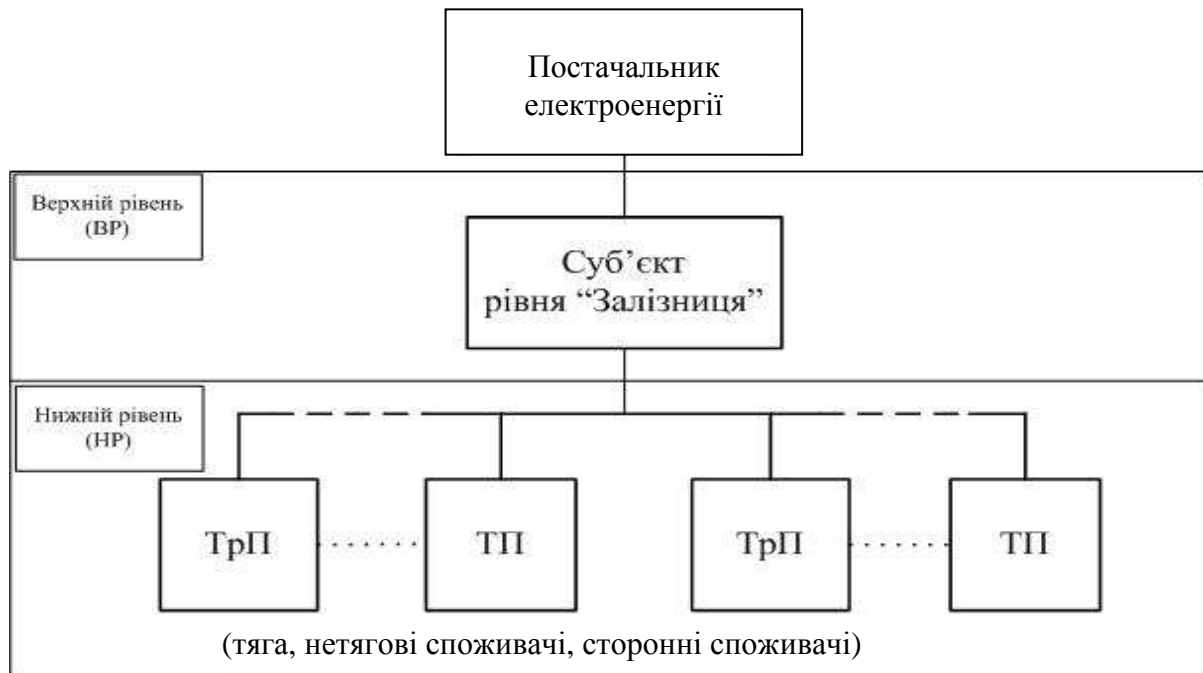


Рис. 1. Структура АСПСЕ

Відповідно до характеру функціональних задач, що вирішуються, повинна бути передбачена дворівнева ієрархічна організація структури АСПСЕ:

- нижній рівень (НР АСПСЕ) – тяга, нетягові споживачі, сторонні споживачі;
- верхній рівень (ВР АСПСЕ) – суб'єкт рівня "Залізниця".

НР АСПСЕ призначений для прогнозування і передачі по каналах зв'язку на верхній рівень інформації про необхідне отримання тяговими і трансформаторними підстанціями електроенергії з мережі для формування почасового, добового і місячного графіків споживання електроенергії і потужності. НР АСПСЕ повинен забезпечувати:

- встановлену точність прогнозу відповідно до вимог діючих нормативних документів;
- передачу на ВР АСПСЕ результатів прогнозу електроенергії;
- діагностику засобів НР АСПСЕ;
- передачу на ВР АСПСЕ інформації про працездатність засобів НР АСПСЕ;
- зберігання інтегральної прогнозованої інформації.

ВР АСПСЕ призначений для інтеграції в єдиному масштабі часу прогнозів суб'єктів НР АСПСЕ і передачі по каналах зв'язку суб'єктам Постачальника інформації про необхідне отримання залізницями електроенергії з мережі для формування почасового, добового і місячного графіків споживання електроенергії і потужності. Щодня не пізніше 9<sup>00</sup> ВР АСПСЕ повинні надавати прогноз споживання електроенергії на кожний розрахунковий період наступної доби, що дає можливість прогнозувати загальний обсяг купівлі електроенергії по усіх видах закупівлі, а також у встановлений Постачальником термін прогноз закупівлі на наступний місяць. При прогнозуванні повинні бути враховані обсяги втрат електроенергії в локальних мережах залізниці. ВР АСПСЕ повинен забезпечувати:

- автоматичне отримання, введення, підготовку, перетворення, обробку, зберігання, реєстрацію, виведення, відображення даних, архівацію графіків навантаження що прогноуються;
- відання системи єдиного часу;

- проведення технічного обслуговування і ремонту;
- проведення метрологічної перевірки;
- діалоговий режим з персоналом;
- доступ до конкретних баз даних.

**Методи прогнозування.** При розробці алгоритмів і програм заслуговують уваги три методи прогнозування споживання електричної енергії на потреби залізниць:

- прогнозування споживання електричної енергії для тяги поїздів з використанням статистичних даних витрат електроенергії на роботу по перевезенню вантажів для різних видів руху, а також за планом навантаження–розвантаження вагонів [1];
- прогнозування споживання електричної енергії для тяги поїздів за допомогою віртуального моделювання безперервного графіку руху поїздів [2];
- прогнозування споживання електричної енергії нетяговими та сторонніми споживачами за допомогою штучних нейронних мереж і генетичних алгоритмів [3].

Кінцевою метою усіх цих методів є отримання достовірного графіку залежності потужності електричної енергії на потреби залізниць від часу.

У перспективі прогнозування погодинного, добового та місячного обсягу споживання електроенергії на потреби залізниць повинне стати результатом рішення задачі багатокритеріальної глобальної оптимізації, в основі якої, з одного боку, є нормативи, що визначають графік руху поїздів, а з другого боку - фактори, що впливають на обсяги споживання електроенергії нетяговими та сторонніми споживачами. Використання нейронних мереж та генетичних алгоритмів суттєво, збільшує точність прогнозування.

**Створення АСПСЕ.** Роботи по створенню автоматизованої системи прогнозування споживання електроенергії (АСПСЕ) доцільно провести у два етапи.

Першим етапом необхідно виконати синтез тестової моделі для прогнозування погодинного, добового та місячного обсягу споживання електроенергії на потреби залізниць. Тут, перед усім, треба вибрати об'єкт прогнозування, виконати роботу по отриманню архівних та статистичних матеріалів по цьому об'єкту. На базі аналізу кривих споживання електроенергії та потужності у часі сформулювати вимоги до точності моделі, вибрати методики прогнозування і синтезувати тестову модель та провести її апробацію на обраному об'єкті прогнозування. Створити таким чином програмно - алгоритмічний комплекс автоматизованої системи прогнозування споживання електроенергії.

Другий етап містить роботи по впровадженню АСПСЕ на одній із залізниць України. Спочатку на базі обслідування об'єкту прогнозування розробити технічне завдання, технічний проект, експлуатаційну документацію. Виконати будівельно-монтажні роботи. Поставити обладнання, виконати пусконаладжувальні роботи та провести цикл дослідної експлуатації.

### Висновки

Для підвищення повноти, достовірності і оперативності інформації про обсяги електроенергії, її потужності, що одержується та споживається залізницями повинна бути створена АСПСЕ.

АСПСЕ повинна являти собою сукупність узгоджених між собою компонентів програмного, інформаційного і технічного забезпечень.

Для ефективного функціонування АСПСЕ треба дворівнева ієрархічна структура, в який на нижньому рівні розташовується безпосередні споживачі електроенергії, а на другому – суб'єкт рівня «Залізниця».

При розробці методів, алгоритмів і програм для прогнозування перспектива за рішенням задачі глобальної оптимізації з використанням нейронних мереж та генетичних алгоритмів.

Роботи по створенню АСПСЕ треба вести в два етапи. Першим етапом необхідно виконати синтез тестової моделі. Другий етап має містити роботи по впровадженню АСПСЕ на одній із залізниць України.

#### Література

1. Мирошниченко Р.И. Режимы работы электрифицированных участков. М.: Транспорт, 1982, 207с.
2. Омеляненко В.И., Калужный Н.Н., Кривякин Г.В., Лозовая Т.А. Виртуальное моделирование движения электроподвижного состава с асинхронными тяговыми двигателями // Залізничний транспорт України. – 2007. – №2/1. – с. 22-25
3. Вороновский Г.К., Сергеев С.А., Махотило К.В. О возможности использования искусственных нейронных сетей для прогнозирования электропотребления на железных дорогах // Залізничний транспорт України. – 2007. – №2/1. – с. 13-16

---



---

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ.

В.И. Омеляненко, Г.В. Омеляненко, Ю.П. Чудный

*Изложены основные положения, которые должны быть положены в основу создания автоматизированной системы прогнозирования потребления электроэнергии (АСППЭ). Определены цель и назначение АСППЭ, требования к системе прогнозирования, структура, функции и методы прогнозирования, этапы создания АСППЭ.*

### THE AUTOMATED SYSTEM OF FORECASTING OF A CURRENT CONSUMPTION ON RAILWAYS

V.I. Omelyanenko, G.V. Omelyanenko, U.P. Chudniy

*Substantive provisions which creations of the automated system of forecasting of a current consumption (ASFCC) should be taken as a principle are stated. The Definite purpose and appointments ASFCC, requirements to forecasting system, structure, functions and forecasting methods, stages of creation ASFCC.*